Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 27/28 (1896)
Heft: 23

Artikel: Photogrammetrische Studien und deren Verwertung bei den Vorarbeiten für eine Jungfraubahn

Autor: Koppe, C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-82351

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

INHALT: Photogrammetrische Studien und deren Verwertung bei den Vorarbeiten für eine Jungfraubahn. I. — Zum 25jährigen Jubiläum der Rigibahn. II. — Die Gallerie Henneberg am Alpen-Quai in Zürich. — Miscellanea: Elektrischer Betrieb auf der New-Yorker Hochbahn. Erglühen der Dampfkesselbleche. Eine monumentale Betonbrücke. Die Enthüllung des Friedrich Schmidt-Denkmals in Wien. Der Umfang der Eisenbahnen der Erde. Verbreitung der eisernen Querschwellen auf dem Eisenbahnnetz der Erde. Internationale technische Einheit im Eisenbahnwesen. Die 79. Jahresversammlung der Schweiz. naturforschenden Gesellschaft. — Konkurrenzen: Umbau der Franzensbrücke in Wien. Rathaus in Hannover. Hochschule für die bildenden Künste und Hochschule für Musik in Berlin. Zwei evangelische Kirchen für den Vorort Gross-Lichterfelde bei Berlin. — Nekrologie: † Gabriel Auguste Daubrée. — Vereinsnachrichten: Stellenvermittelung.

Photogrammetrische Studien und deren Verwertung bei den Vorarbeiten für eine Jungfraubahn.

Von Prof. Dr. *C. Koppe* in Braunschweig.

I.

Die geodätischen Vorarbeiten für eine Hochgebirgsbahn vom Charakter der projektierten Jungfraubahn bestehen der Hauptsache nach in der genauen Aufnahme vollständig unzugänglicher Fels- und Gletscherpartieen, um von diesen, soweit sie für die Bahnlinie in Betracht kommen, Pläne in grösserem Masstabe mit einer für den Bau ausreichenden Genauigkeit herstellen zu können. Eine solche Aufgabe lässt sich in hinreichender Vollständigkeit nur mit Hülfe der Photogrammetrie lösen, welcher hier eine dankbare und wichtige Rolle zufällt, denn eine einzige Abweichung von dem richtigen Tracé kann zu einem Absturze führen, welcher vielleicht für das Schicksal der ganzen Bahnanlage verhängnisvoll würde. Die vorgenannte Arbeit ist eine wesentlich andere, wie die *topographische* Aufnahme und Darstellung des Hochgebirges. Die *topographische* Karte soll eine übersichtliche Darstellung der gesamten Gebirgsformation geben in ihrem Aufbau, Charakter etc. Zur Wiedergabe aller für einen Bahnbau in Betracht kommenden Einzelheiten ist der für das Hochgebirge allgemein gebräuchliche Masstab 1:50000 viel zu klein; die vollständige genaue Aufnahme des Gebirges würde zeitraubend und kostspielig werden und der Hauptsache nach zwecklos, d. h. nicht verwertbar sein. Ganz anders liegen die Verhältnisse bei den Vorarbeiten von Aufnahmen für eine *Hochgebirgsbahn*. Für diese kommt, sobald das Tracé einigermassen festgestellt ist, nur ein verhältnismässig *schmaler Terrainstreifen* in Betracht. Dieser aber muss mit aller erreichbaren Schärfe und Genauigkeit vermessen und dargestellt werden. Der Masstab ist dementsprechend gross zu wählen, 1:2500 oder 1:1000. Ja, bei den Vorarbeiten für die Gotthardbahn wurden die wichtigeren und schwierigsten Partieen im Masstabe 1:500 dargestellt, um auf Decimeter richtig zeichnen und abgreifen zu können. Ein Decimeter erscheint aus der Entfernung von einem Kilometer gesehen unter einem Winkel von rund 20 Bogensekunden. Man wird die Aufnahmen unzugänglicher Felspartien etc. aber häufig aus Entfernungen von mehreren Kilometern machen müssen. Rechnet man hiezu die starken Neigungen und die oft unvermeidlichen, ungünstigen Schnitte der bestimmenden Visierlinien, so sieht man leicht, dass eine Winkelgenauigkeit bis auf Bruchteile der Minute notwendig ist, um bei derartigen photogrammetrischen Vermessungen eine Genauigkeit auch nur auf einzelne Meter zu erreichen. Eine solche Genauigkeit wurde mit der geodätischen Photogrammetrie seither nicht erreicht. Man begnügte sich, die Photogrammetrie als eine graphische Messungsmethode vom Charakter und der Genauigkeit der topographischen Messtischaufnahme zu betrachten; die Frage, welcher Genauigkeit ist die photogrammetrische Winkelbestimmung überhaupt fähig, welche hier in erster Linie zu untersuchen ist, blieb seither gänzlich unbeantwortet und unbearbeitet. In der Astronomie liegt die Sache anders. Die grossartigste Anwendung der Photogrammetrie bildet dort die photographische Aufnahme der neuen Himmelskarte. Diese geschieht auf rein photogrammetrischem Wege und zwar mit einer Genauigkeit der Winkelbestimmung, wie sie von den besten und feinsten astronomischen Präcisionsinstrumenten kaum übertroffen wird. Warum soll ein gleiches in der Geodäsie nicht möglich sein, z. B. mit einem Phototheodoliten auf photogrammetrischem Wege nicht die gleiche Genauigkeit der Winkelmessung erreicht werden können, welche ein guter Theodolit durch direkte Beobachtung zu liefern im Stande ist? Die Beantwortung dieser Frage erfordert ein etwas näheres Eingehen auf die Natur und Beschaffenheit der photographisch abgebildeten Objekte, zwischen denen die Winkelabstände bestimmt werden sollen; die Eigenschaften der bilderzeugenden Objektive, bezw. der von ihnen erzeugten Bilder; die Ausmessung und Verwertung der Bilder, sowie die Einrichtung des ganzen photogrammetrischen Messapparates. In dieser Hinsicht wird eine kurze Betrachtung der Methoden, der Hülfsmittel und der Erfahrungen, in Bezug auf die photogrammetrische Aufnahme der neuen Himmelskarte am besten geeignet sein, nähere Anhaltspunkte zu geben und den Weg anzudeuten, auf welchem man dahin gelangen kann, auch mit der geodätischen Photogrammetrie die gewünschte grössere Genauigkeit der Winkelbestimmung zu erzielen.

Die Objekte der Stellarphotogrammetrie, die Sterne, sind für die Abbildung und die Ausmessung ihrer Winkelabstände als scharfbegrenzte, kleine Punkte, bezw. Scheibchen die denkbar günstigsten. Mit ihnen lässt sich in der Geodäsie nur das Heliotropenlicht bei bester Beleuchtung vergleichen. Die *grösste* mit dem Phototheodoliten erreichbare Genauigkeit wird sich am besten durch Sternaufnahmen und Messung von Sterndistanzen bestimmen lassen. Die Objektive für die photographische Aufnahme der neuen Himmelskarte erhielten nach den Beschlüssen des internationalen, astrophysikalischen Kongresses, welcher im Jahre 1887 in Paris stattfand, einheitliche Dimensionen. Als Norm für die photogrammetrischen Instrumente wurden die von den Gebrüder Henry in Paris benutzten photographisch-optischen Refraktoren hingestellt. Dieselben bestehen aus zwei Objektiven von gleicher Brennweite, einem optischen von 24 *cm* und einem photographischen von 34 *cm* Oeffnung. Beide sind in ein gemeinsames Rohr, bezw. Gehäuse eingesetzt, so dass alle Durchbiegungen des Rohres beim Gebrauche des Instrumentes auf beide, bezw. die von ihnen erzeugten Bilder gleiche Wirkung, d. h. Verschiebung ausüben. Die Brennweite beider ist genau gleich 3,438 *m*, so dass 1 *mm* des Bildes gleich $^1/_{3438}$ der Brennweite als Radius, d. h. gleich einer Bogenminute wird. Die Genauigkeit der Längenmessung mit guten Schrauben-Mikroskopen beträgt rund 0,001 *mm*, und demnach sollte die Genauigkeit der Winkelmessung mit obigen Instrumenten bis zu 0,05 Bogensekunden betragen. Nehmen wir nach den vorliegenden, praktischen Erfahrungen als erreichbare Genauigkeitsgrenze 0,1 Bogensekunde an, so sollte sich mit einem Phototheodoliten, dessen photographisches Objektiv eine zehn mal kleinere, d. h. 34 *cm* Brennweite hat, unter sonst gleichen Umständen eine Genauigkeit bis auf 1 Bogensekunde erreichen lassen, wie solche durch direkte Messung mit guten Mikroskop-Theodoliten erzielt wird.

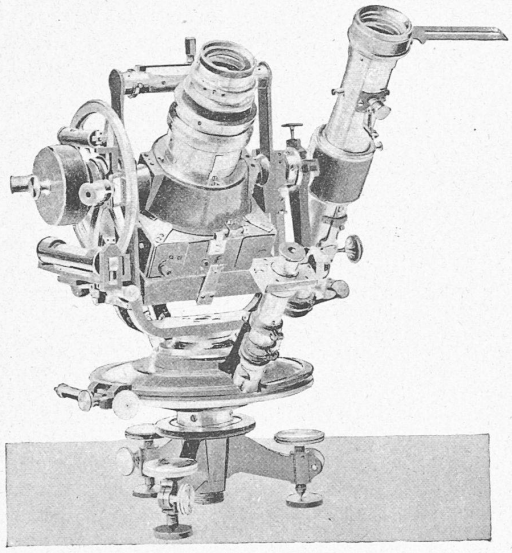
Als allgemein gültig angenommene Eigenschaft symmetrischer Objektiv-Konstruktionen gilt: sie zeichnen perspektivisch richtige Bilder, frei von Verzerrungen. Das ist aber nur richtig für den mittleren Teil des Gesichtsfeldes, d. h. kleine Bildfeldwinkel. Bei zunehmender Neigung der bilderzeugenden Strahlen gegen die optische Achse des Systems findet stets eine Wanderung der Hauptpunkte, und damit eine Veränderung der Brennweite statt. Für eine der besten Objektiv-Konstruktionen, das Voigtländersche Collinear ergab die Rechnung für die Entfernung der beiden Hauptpunkte, welche symmetrisch zur Mitte des Systems liegen, und von derem einen aus gesehen die Gegenstände unter dem gleichen Gesichtswinkel erscheinen, wie vom andern ihre Bilder:

Collinear II_3 24,5 mm Oeffnung und 150 mm Brennweite:

Neigung des einfallenden Strahles gegen die optische Achse	Abstand der Hauptpunkte von der Mitte des Systems
0^0	2,51 *mm*
21^0 7′	2,43 „
30^0 34′	2,22 „
35^0 19′	1,97 „
39^0 39′	1,53 „

Die Hauptpunkte nähern sich somit einander bei zunehmender Neigung der Bildstrahlen gegen die optische

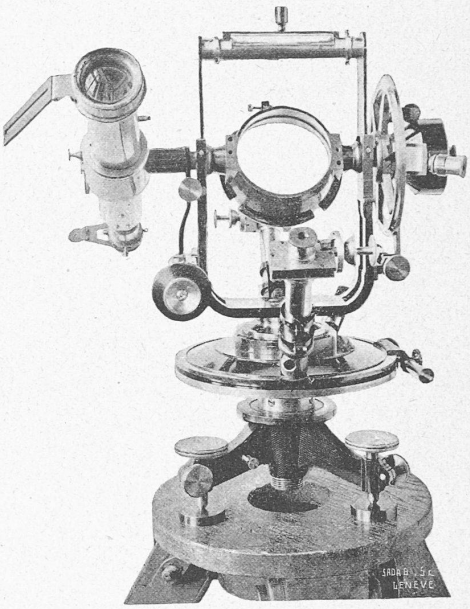
Fig. 1a.



Achse, zuerst langsam, dann immer rascher. Bei rund 40^0 Neigung ist die Brennweite nahezu 1 *mm* grösser als bei Null Grad, d. h. in der optischen Achse selbst. Praktische Versuche durch Photographieren bekannter Winkeldistanzen bestätigten obige Rechnungsergebnisse. Alle Objektive der verschiedensten Konstruktionen zeigen ganz dasselbe Verhalten, d. h. eine Aenderung der Brennweite bei wachsendem Bildfeldwinkel. Dies fand bereits Professor Dörgens vor 10 Jahren bei Untersuchung eines Pantoskopes, eines Euryskopes und eines Applanates und machte darauf aufmerksam in den Photographischen Mitteilungen, Nr. 318, Jahrgang 1886, jedoch ohne dass man diesem Verhalten der Objektive besondere Beachtung geschenkt hat.

Bei einer Neigung der Bildstrahlen von 15^0 gegen die optische Achse, d. h. einem Gesichtsfelde von 30^0 beträgt die besprochene Aenderung beim Collinear erst einige Hundertstel des Millimeters. Die Aufnahme von Sternen ergab innerhalb dieser Grenzen hinreichend scharf begrenzte, runde Bildscheibchen, welche ein genaues Einstellen, bezw. Bisektieren unter dem Mikroskope behufs Ausmessung der Sterndistanzen gestatten. In Fig. I^a und I^b ist der Phototheodolit für astronomische Beobachtungen, namentlich auch geographische Ortsbestimmungen, abgebildet, wie ich denselben seiner Zeit konstruiert[1]) und beschrieben habe, jedoch mit mancherlei inzwischen angebrachten Verbesserungen. Der Unterbau ist kräftiger geworden, der Horizontalkreis erhielt Mikroskopablesung, das Fernrohr hat 30-malige Vergrösserung, ist um die Längsachse drehbar und trägt seitlich ein Diopter von 15^0 Gesichtswinkel, parallel dem einen Faden des Fadenkreuzes, welches daher mit Hülfe des Diopters in eine bestimmte Richtung, z. B. die Verbindungslinie zweier Sterne gebracht werden kann. Das Objektiv ist ein Voigtländersches Collinear von 150 *mm* Brennweite. Die empfindliche Platte von 10 × 10 *mm* Seite wird in die konische Metallkammer hinten eingelegt und gegen drei metallene Vorsprünge durch die Federn des Verschlussdeckels fest und gleichmässig angepresst. Das ganze Gesichtsfeld umfasst etwas mehr als 30 Grad. Es würde mich zu weit führen, den Phototheodoliten und seine Verwendung zu geographischen Ortsbestimmungen hier eingehend beschreiben zu wollen; ich muss mich darauf beschränken, einige astronomische Beobachtungen von Messungen kurz mitzuteilen, nach welchen seine Leistungsfähigkeit bei Sternbeobachtungen als den günstigsten Objekten für Photogrammetrie richtig beurteilt werden kann, und verweise wegen der weitern Ausführung auf meine

Fig. 1b.



Abhandlung „Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung," Braunschweig 1896, Verlag von Fr. Vieweg & Sohn.

Um eine daselbst beschriebene, neue photogrammetrische Methode der geographischen Längenbestimmung praktisch auf ihre Genauigkeit und Verwendbarkeit zu prüfen, wurden nach einigen vorbereitenden Versuchen am 6. und 7. Mai vorigen Jahres mehrere Aufnahmen von Mond- und Sterndistanzen gemacht. Auf jeder Platte befanden sich je vier Mond-Distanzen und vier Vergleichs-Distanzen bekannter Sterne zwischen 10^0—15^0 Abstand. Die Ausmessung der Platten geschah zweimal. Das erste Mal in Braunschweig mit Benutzung der Längenteilmaschine des Mechanikers unseres Polytechnikums, O. Günther, von diesem und mir, das zweite Mal durch Dr. Schwassmann, Assistenten des astrophysikalischen Observatoriums bei Potsdam unter Benutzung der Apparate dieses Institutes mit Genehmigung seines Direktors, Prof. Dr. H. C. Vogel. Die beiderseitig von verschiedenen Beobachtern mit ganz verschiedenen Apparaten vorgenommenen Längenbestimmungen weichen nur in den Tausendsteln des Millimeters von einander ab, im Mittel von 0,003 *mm*. Ein Tausendstel des Millimeters entspricht bei einer Brennweite von 150 *mm* einem Winkelwerte von $^{206265}/_{150000} = 1{,}3''$. Hiemit war zunächst die Möglichkeit erwiesen, mit dem Phototheodoliten in der angegebenen Art und Weise Sternbilder zu erzielen, welche eine mikroskopische Einstellung, bezw. Ausmessung gestatten, frei von subjektiver Auffassung bis auf wenige Bogensekunden genau innerhalb eines Gesichtsfeldes von 30^0 Ausdehnung. Sache des Beobachters ist es, weiter alle Fehlereinflüsse so zu eliminieren, dass diese Genauigkeit auch beim Schlussresultate, hier der gesuchten Mond-Distanz, beibehalten wird. Es war von vorn herein zu erwarten, dass die vollkommen symmetrische und gleichartige Aufnahme und Messung der gesuchten Mond-Distanzen und der bekannten Stern-Distanzen dies hier gestatten würde. Die Abweichungen der beobachteten Werte von den aus dem bekannten Längenunterschiede von Braunschweig und Greenwich berechneten Distanzen betragen nur wenige Sekunden. Das End-Resultat stimmte bis auf 1,3″ mit dem Sollwerte überein. (Forts. folgt.)

[1]) Die Photogrammetrie, Weimar, 1889, Verlag der deutschen Photographen-Zeitung.